

# Ricostruzione di uno sciame di Raggi Cosmici di alta energia\*

Assegnamento 3 AA 2015/16

May 17, 2016

## Introduzione

La Terra è continuamente bombardata da raggi cosmici<sup>1</sup>: particelle cariche provenienti dal cosmo. Alcune di esse, di energia molto elevata, quando interagiscono negli strati alti dell'atmosfera producono sciame di particelle secondarie che arrivano a terra come un fronte compatto largo anche decine di chilometri. Possiamo schematizzare il fronte come un piano ortogonale alla direzione di arrivo della particella primaria.<sup>2</sup> Per studiare questi raggi cosmici si dispongono tanti piccoli rivelatori a terra, in modo da formare un array abbastanza regolare. In questo esercizio studieremo un caso semplificato (ma non troppo irrealistico) della tecnica per ricostruire la direzione di arrivo dello sciame.

Lo schema appena descritto è mostrato in figura 1. Quando una particella di alta energia arriva con un angolo  $\theta$ , fa scattare i rivelatori a terra (rettangoli neri in figura 1) che registrano il tempo assoluto di arrivo del fronte dello sciame. Con un po' di semplice geometria si ricava la relazione tra i tempi di arrivo in due rivelatori  $i$  e  $j$ , la loro posizione e l'angolo  $\theta$ :

$$t_i - t_j = \frac{x_i - x_j}{v} \sin(\theta) \quad (1)$$

con  $v$  velocità delle particelle (in pratica la velocità della luce  $c = 299792458$  m/s)

## Esercizi

**Esercizio 1** Il file *data1.txt* contiene alcune rilevazioni (chiamate *hit* in gergo) relative ad un singolo “evento”, ovvero le posizioni e i tempi di arrivo dei vari rivelatori. Leggere attentamente il file `test_one.c` ed il file `raggi.h` e realizzare le funzioni utilizzate dal test (`leggi_registrazione`, `inserisci`, etc...) utilizzando le strutture dati definite in `raggi.h`. Eseguire correttamente

```
make test1
```

---

\*Per qualsiasi dubbio di natura fisica fate riferimento a Carmelo Sgrò e Luca Baldini

<sup>1</sup>[https://it.wikipedia.org/wiki/Raggi\\_cosmici](https://it.wikipedia.org/wiki/Raggi_cosmici)

<sup>2</sup>In realtà il fronte è leggermente curvato, ma ciò è irrilevante per lo scopo di questo esercizio.

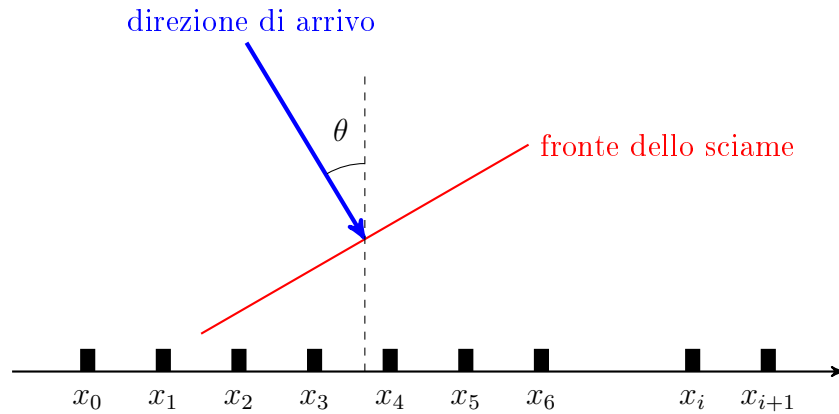


Figure 1: Schema semplificato, in una dimensione, di rivelatore di sciame esteso di raggi cosmici. Un array di rivelatori è posto a terra (rettangoli neri) alle coordinate  $x_i$ . Una particella cosmica primaria che arriva con angolo zenith  $\theta$  produce uno sciame il cui fronte è rappresentato da un piano (linea rossa). Quando il fronte raggiunge un rivelatore questo ne registra il tempo di passaggio. Combinando i tempi di due (o più) rivelatori si ricostruisce l'angolo  $\theta$ .

**Esercizio 2.** Utilizzando sempre il file *data1.txt*, implementare le funzioni che realizzano l'ordinamento per tempo e posizione (leggere attentamente il file *test\_two.c*) ed eseguire il test per effettuare l'ordinamento dei dati

```
make test2
```

**Esercizio 3.** Eseguire, sempre utilizzando il file *data1*,

```
make test3
```

per testare l'inserimento ordinato di un elemento alla volta (leggere attentamente il file *test\_three.c*) .

**Esercizio 4.** Eseguire

```
make test4
```

per testare l'inserimento ordinato sul file *data.txt* che contiene tutte le rilevazioni relative all'evento in esame (leggere attentamente il file *test\_four.c*) .

**Esercizio 5.** Un modo semplice<sup>3</sup> per ricostruire l'angolo  $\theta$  è da due rivelatori, invertendo la formula 1. Il nostro obiettivo è stimare  $\theta$  e, partendo dalla lista ordinata per tempo, attraverso una funzione che calcola  $\theta$  eseguita su tutte le coppie di elementi successivi. I tempi di arrivo sono soggetti a fluttuazioni casuali legati alla risoluzione dei rivelatori; si calcoli media e deviazione standard di  $\theta$ , per stimare la direzione di arrivo della particella primaria e la sua incertezza. Sempre con riferimento al file *data.txt*, analizzare il file *test\_five.c* implementando le funzioni utilizzate (*compute\_theta*, *media*, etc...) ed eseguire

---

<sup>3</sup>Il modo ottimale, che combina tutti i rivelatori insieme, non è rilevante allo scopo di questo esercizio.

`make test5`

per ottenere media e varianza dell'angolo  $\theta$  ottenuto elaborando le rilevazioni. [Nota: In fig 2 si notano le 2 popolazioni, delle  $\theta$  fatte con hit buone e non a partire dal file `data.txt`. Nel nostro esperimento i dati con rumore sono già etichettati ed esclusi dal test.]

Si ricorda inoltre che nella cartella **RAGGICOSMICI** al solito è presente un file **README** in cui è spiegato dettagliatamente come procedere.

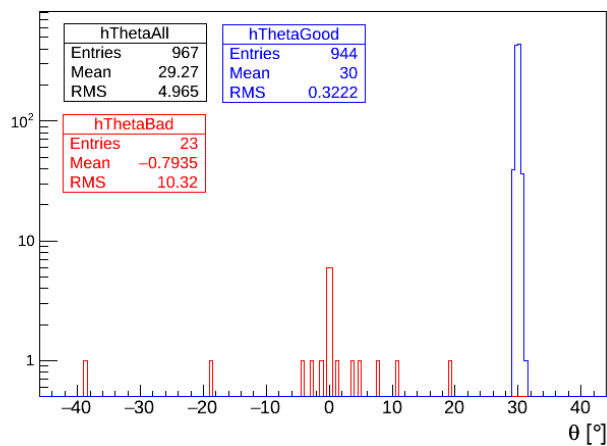


Figure 2: Distribuzione dei  $\theta$  ricostruiti a partire dal file dei dati originale.